

Los registros semióticos triádicos en la comprensión de las gráficas cinemáticas

Triadic semiotic records in understanding kinematic graphs

Edwin Mosquera Lozano^{1*}, Germán Londoño Villamil^{1,2} e Ignacio J. Idoyaga^{1,3}

¹Facultad de Educación, Doctorando en didáctica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

²Programa de Doctorado en Didácticas Específicas, Escuela de Doctorados, Universitat de Valencia. España.

³Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. CONICET.

*E-mail: yuyu@utp.edu.co

Resumen

Se pregunta qué influencias tienen las actividades didácticas enfocadas en registros semióticos triádicos en la comprensión de los gráficos cinemáticos en estudiantes de enseñanza media (15 a 16 años). La unidad de análisis son las dificultades que tienen los estudiantes con las gráficas cinemáticas del movimiento rectilíneo uniforme y uniforme variado. El objeto de análisis son los estudiantes de grado 10.º B de la Institución Educativa Cristo Rey de Dosquebradas, Risaralda, Colombia. Mediante un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental pretest-posttest. Para recolectar la información se utilizó un cuestionario estándar de Beichner. Según los resultados, el enfoque basado en registros semióticos triádicos permite mejorar las dificultades que tiene los estudiantes con las gráficas cinemáticas. Las mayores falencias se encuentran en el manejo de los registros verbales, con relación a los otros registros.

Palabras clave: Cinemática; Comprensión; Didáctica; Registros semióticos triádicos.

Abstract

The research is based on the didactic activities focused on triadic semiotic registers and its influences on kinematic graphics understanding in high school students aged 15-16 years. The analysis unit are the difficulties students have with uniform and varied uniform rectilinear motion kinematic graphs. The object of analysis are the 10th graders from the Cristo Rey Educational Institution in Dosquebradas, Risaralda, Colombia, using a quantitative approach with a quasi-experimental pretest-posttest design. A standard Beichner questionnaire was used to collect the information. According to the results, the approach based on triadic semiotic registers allows to improve the difficulties that students have with kinematic graphs. The greatest shortcomings are found in the management of verbal records, in relation to the other records.

Keywords: Kinematics; Comprehension; Didactics; Triadic semiotic registers.

I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de la cinemática en la educación media se vuelve complejo porque muchos estudiantes carecen de las habilidades para transferir los conocimientos matemáticos hacia la física. Por ejemplo, Beichner (1994) estudió el aprendizaje de las gráficas cinemáticas en estudiantes de escuela media y reporta las siguientes falencias: 1) algunos estudiantes consideran las gráficas como una fotografía de la situación y no como una representación mental abstracta; 2) otros no distinguen entre distancia, velocidad y aceleración. Ellos suelen creer que las gráficas de estas variables deben ser idénticas y que se puede cambiar las etiquetas de los ejes de una gráfica a la otra sin el reconocimiento de las características particulares de cada una con relación a los fenómenos; 3) los estudiantes exitosamente encuentran la pendiente de las líneas que pasan por el origen. Sin embargo, ellos presentan dificultades para determinar la pendiente o la línea tangente apropiada, cuando estas no pasan por el origen; 4) muchos estudiantes no reconocen el significado del área bajo la curva en las gráficas; 5) algunos estudiantes suelen hacer cálculos de pendientes o usar inapropiadamente valores de los ejes cuando los cálculos de las áreas son requeridos.

Según Parra y Ávila (2018), la complejidad del lenguaje de la física se asocia con las matemáticas. Por esta razón, Pizarro (2014) e Idoyaga (2020) dicen que se debe prestar mayor atención al uso de elementos semióticos como las gráficas, esquemas, tablas y ecuaciones entre otras, para mejorar los procesos de aprendizaje en las ciencias.

Para Tamayo (2006), una manera de mejorar los procesos de cambio conceptual en la didáctica de las ciencias es trabajar con registros semióticos (RS).

La perspectiva de los RS de Duval (2017) y, Duval y Sáenz-Ludlow (2016), se nutre de la teoría del signo desde las perspectivas diádicas y triádicas. Este autor propone la coordinación de registros semióticos mediante operaciones de conversión y tratamiento como una herramienta para construir conocimiento. Esto se logra mediante la interacción de procesos semióticos y noéticos. La conversión son cambios de registros sin cambiar los objetos denotados y el tratamiento son operaciones o transformaciones dentro de un mismo registro semiótico.

Según Castañares (2002), las dos perspectivas diádica y triádica del signo construyen el sentido de la realidad de forma asociacionista e inferencialista respectivamente. Mientras en la perspectiva asociacionista se vincula de manera arbitraria un significante y un significado, por ejemplo, vector/significado de vector; en la perspectiva inferencialista triádica se construye la realidad a partir de la interacción de un referente, un vehículo y un sentido.

A. Uso de registros semióticos en el campo de la física

De acuerdo con Sparvoli (2015), los registros semióticos permiten la interacción entre los modelos didácticos y los modelos mentales de los estudiantes mediante uso de la coordinación de registros en la solución de problemas. La investigadora muestra una clasificación de los registros semióticos conformados por: registros icónicos (imagen visual, olfativa, auditiva o táctil), registros verbales (texto, voz), registros gráficos (diagramas de cuerpo libre, coordenadas cartesianas ortogonales) y registros simbólicos o algebraicos (ecuaciones, variables, unidades). Según los resultados de esta investigación, los estudiantes presentan mayores dificultades en el uso de los registros simbólicos tales como las ecuaciones y modelos matemáticos.

Un estudio de Idoyaga y Lorenzo (2016), en el ámbito universitario, muestra que los estudiantes presentan dificultades para apropiarse información conceptual en los registros semióticos gráficos tales como las coordenadas cartesianas ortogonales. Estos resultados los confirma Sánchez y Maluendas (2020) en el contexto de la escuela media con el uso de registros semióticos en la cinemática.

Los registros verbales juegan un papel fundamental en la construcción del conocimiento. De acuerdo con Parra y Ávila (2018), el trabajo con los registros verbales permite un mayor desarrollo de las habilidades en los estudiantes para argumentar y comprender los fenómenos.

Sin embargo, el trabajo con los registros semióticos puede presentar discontinuidades. Por ejemplo, Mora (2019), menciona algunos hallazgos sobre la discontinuidad en procesos de modelado de la ley de Ohm y circuitos eléctricos.

En cinemática existe un alto grado de continuidad en los procesos de conversión o transformación de un registro semiótico a otro. Tal es el caso del movimiento rectilíneo uniforme y rectilíneo uniforme variado porque sus modelos matemáticos son continuos en los números reales.

El uso de registros semióticos en física permite a los estudiantes comprender mejor las matemáticas. Por ejemplo, Farabello y Trigueros (2020), encontraron que los estudiantes que usan los registros semióticos en las funciones periódicas en matemáticas y a la vez en el movimiento armónico en física, pueden lograr mejores aprendizajes.

Desde el punto de vista social, la comprensión de los registros semióticos es fundamentales para entender la realidad en tiempos de crisis. Según Idoyaga *et al.* (2020), estas herramientas semióticas permiten a los ciudadanos del mundo comprender las distintas representaciones que surgen en el marco de la pandemia covid-19.

B. Los registros semióticos triádicos

Los registros semióticos triádicos (RST) constituyen una propuesta de Mosquera y Londoño (2021) para construir conocimiento desde perspectivas inferencialistas del signo.

De acuerdo con Rosario Barbosa (2010), desde la filosofía de Frege se muestra la idea de los RST (figura 1), los cuales se componen de un referente (realidad/fenómeno/objeto), vehículo (representaciones/registros semióticos) y sentido (interpretación).

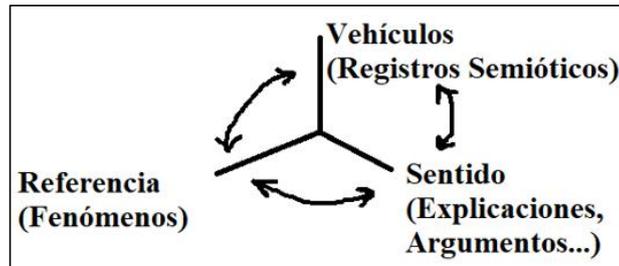


FIGURA 1. Estructura de los RST. Diseño propio a partir de los referentes.

La pregunta que se plantea es qué influencia tienen las actividades didácticas enfocadas en RST en la comprensión de los gráficos cinemáticos en estudiantes de escuela media (15 a 16 años). Para dar respuesta a esta pregunta se desarrollaron distintas actividades didácticas desde una perspectiva triádica.

A continuación, se muestra la tabla I como una propuesta para configurar los registros semióticos en física desde una perspectiva triádica.

TABLA I. Distribución de los registros semióticos en un RST. Diseño a partir de los referentes teóricos.

Componentes para el diseño de las tablas de registros semióticos para procesos de formación	Registros Semióticos Sugeridos para cada Componente Triádico
Referentes	Registros Icónicos (esquemas, imágenes, fotos)
Vehículos	Registros Simbólicos (ecuaciones, variables) y gráficos DCL y CCO ¹
Sentido	Registros Verbales (texto, voz)

II. METODOLGÍA

Con base en Creswell (2012), se utilizó un enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental con pretest-postest. La unidad de análisis es el nivel de conocimientos sobre las gráficas cinemáticas. El objeto de análisis son los estudiantes de la media (15 a 16 años) del grado 10.º B de la Institución Educativa Cristo Rey de Dosquebradas (Risaralda, Colombia). El cuadro de actividades didácticas se resume en la siguiente tabla II.

TABLA II. Descripción de las actividades didácticas realizadas.

Fechas	Nombre de la actividad	Objetivo	Modalidad	TIC (Medios)
12/7/21	Aplicación del pretest (Beichner, 1994, p. 752)	Conocer las habilidades iniciales que tienen los estudiantes para interpretar las gráficas cinemáticas	Virtual	(Thatquiz.org, 2019)
12/7/21	Aspectos conceptuales sobre las gráficas cinemáticas	Afianzar las habilidades para transferir los conocimientos matemáticos hacia la física usando la perspectiva de los RST	Virtual	Classroom, Google Meet
17/7/21 y 19/7/21	Aspectos conceptuales sobre las gráficas cinemáticas	Desarrollar ejercicios de formación en registros semióticos cinemáticos desde una perspectiva triádica	Virtual	Classroom, Google Meet, Google Drive
26/7/21;	Construcción de las	Afianzar las habilidades para transferir los	Presencial	Tablero/Pizarra

¹ Diagramas de Cuerpo libre y Coordenadas Cartesianas Ortogonales.

2/08/21 y 4/08/21	gráficas del MRU y MRUV ²	conocimientos matemáticos hacia la física usando la perspectiva de los RST		
9/8/21	Aspectos conceptuales sobre las gráficas cinemáticas	Afianzar las habilidades para transferir los conocimientos matemáticos hacia la física usando la perspectiva de los RST	Virtual	Classroom, Google Meet
11/8/21	Refuerzo de conceptos	Afianzar las habilidades para usar las gráficas sobre MRU y MRUV mediante la solución de un ejercicio con preguntas en clase.	Virtual	Classroom, Google Meet
11/8/21	Aplicación del postest (Beichner, 1994, p. 752)	Conocer las habilidades finales que tienen los estudiantes para interpretar las gráficas cinemáticas	Virtual	Classroom, Google Meet

El cuestionario que se utilizó para recolectar la información de acuerdo con Beichner (1994), tiene 21 preguntas de selección múltiple sobre gráficas cinemáticas que se integran en 7 objetivos. Estos y los valores de referencia se muestran en la tabla III.

TABLA III. Objetivos y valores de referencia para el cuestionario aplicado. Tomado de (Beichner, 1994,p. 752)

N.º	Objetivos		Rtas. correctas
	Dada...	El estudiante...	
1	La gráfica de posición vs tiempo	Determinará la velocidad	51 %
2	La gráfica de velocidad vs tiempo	Determinará la aceleración	40 %
3	La gráfica de velocidad vs tiempo	Determinará el desplazamiento	49 %
4	La gráfica de aceleración vs tiempo	Determinará el cambio en la velocidad	23 %
5	Una gráfica cinemática	Seleccionará otra gráfica correspondiente	38 %
6	Una gráfica cinemática	Seleccionará la descripción textual	39 %
7	La descripción del movimiento textual	Seleccionará la gráfica correspondiente	43 %

Según los resultados, el trabajo de actividades desde una perspectiva de los RST logra movilizar de manera significativa los niveles de comprensión sobre las gráficas cinemáticas en los estudiantes. A continuación, se muestra un fragmento de un registro semiótico triádico elaborado por una estudiante de grado 10.º B año 2021. El texto se obtuvo mediante la transcripción de un archivo de audio por medio de la aplicación "Documento" de Google. Se dejó el texto original con los errores generados por el programa.

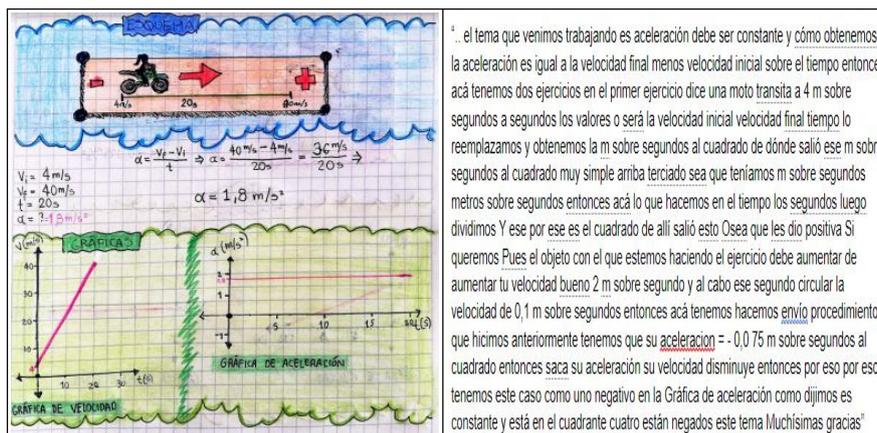


FIGURA 2. Registro semiótico triádico producido por una estudiante en el tema de cinemática.

La fiabilidad de los datos cuantitativos se realiza con el coeficiente Alfa de Cronbach , y la diferencia significativa entre los datos de entrada y salida con prueba "t" para datos normalizados y dependientes según Lind *et al.* (2008, p. 388), o prueba de signos de Wilcoxon para datos no normalizados y dependientes (p.680). El procesamiento de los datos se realiza en una hoja de cálculo.

² Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado

Hipótesis: *Hipótesis nula*, H_0 : Las actividades didácticas basadas en RST **NO** mejoran los aprendizajes sobre las gráficas cinemáticas en los estudiantes de la media (15 a 16 años). *Hipótesis alternativa*, H_1 : Las actividades didácticas basadas en RST mejoran los aprendizajes sobre las gráficas cinemáticas en los estudiantes de la media (15 a 16 años).

IV. RESULTADOS

Resultados del pretest y postest para el grado 10.º B.

TABLA IV. Resultados del pretest, postest y valores de referencia. (N: número de estudiantes)

Objetivo	Porcentajes de referencia	Pretest	Postest
1	0,51	0,37	0,52
2	0,40	0,20	0,48
3	0,49	0,18	0,30
4	0,23	0,30	0,40
5	0,38	0,12	0,44
6	0,39	0,17	0,38
7	0,43	0,25	0,47
	N=896	N=37	N=32

El cálculo del valor alfa de Cronbach para el pretest y postest del grado 10.º B fue de 0,7 el cual se ubica en un nivel de confiabilidad aceptable para el instrumento aplicado.

El cálculo del parámetro "t" para dos muestras emparejadas usando la hoja de cálculo fue igual a 6,54 con un nivel de significancia de 0,00061. Al comparar estos valores con los grados de libertad $gl=n-1=7-1=6$ para un valor de significancia de 0,05; observamos que el parámetro calculado es mayor al parámetro de referencia ($6,45 > 2,447$) y además el nivel significancia calculado es mucho menor al valor de referencia ($0,00061 < 0,05$) (figura 3).

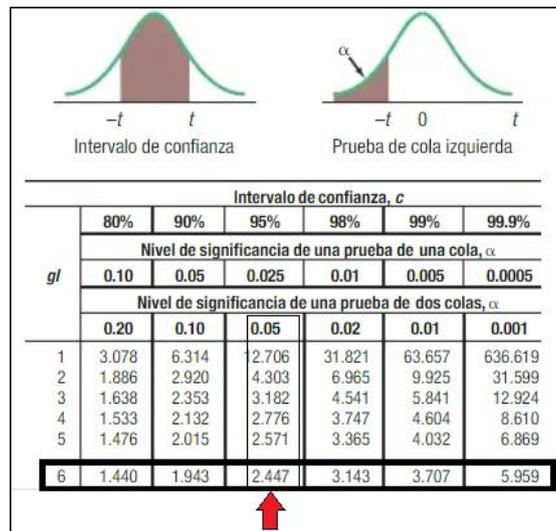


FIGURA 3. Ubicación de los parámetros de la prueba t. Fuente: <https://es.scribd.com/document/379718283/Distribucion-T-Student>

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se elige la alternativa. Es decir, las actividades didácticas basadas en RST mejoran los aprendizajes sobre las gráficas cinemáticas en los estudiantes de la media (15 a 16 años) (figura 4).

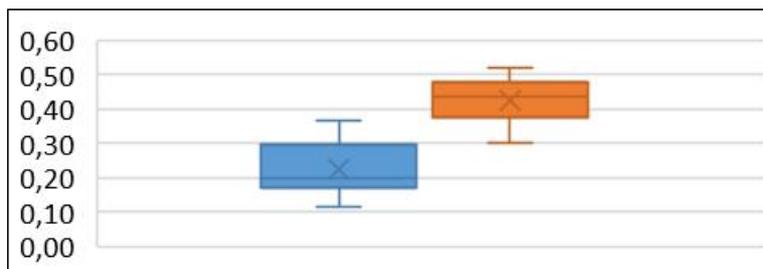


FIGURA 4. Comparación entre los niveles de pretest y el postest. (Caja y Bigotes)

V. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Cuando se aplicó el pretest, los estudiantes ya habían recibido algunas clases sobre gráficas cinemáticas. A esto se debe que algunos valores están cercanos a los de referencia. Después de la aplicación del pretest se desarrollaron actividades de acuerdo con un enfoque en RST y se pudo evidenciar, de acuerdo con los resultados, que esta estrategia didáctica resulta ser exitosa para mejorar los niveles de comprensión que tienen los estudiantes de la media (15 a 16 años) sobre las gráficas cinemáticas, incluyendo entre otros, determinación de posiciones, velocidades, aceleraciones, selección de gráficas y descripción textual. Este aspecto presenta uno de los niveles más bajos en el grado 10.º B al igual que el de referencia. Por lo tanto, se requiere implementar mayores espacios argumentativos que permitan desarrollar las habilidades en el manejo de los registros semióticos verbales (texto y voz).

Los RST se ubican dentro de las perspectivas inferencialistas del signo como elementos que permiten comprender la realidad. Desde este marco, es posible abordar aprendizajes en profundidad que permitan a los estudiantes relacionar y aplicar los conocimientos científicos en la comprensión y transformación de su realidad.

Esta perspectiva triádica puede servir de marco para el análisis de las representaciones en los simuladores como el PhET y Walter-Fendt. Estos sistemas intentan reproducir los fenómenos, sin embargo, muchos estudiantes encuentran dificultades para utilizarlos porque están diseñados con restricciones en las variables. Una formación triádica permite a los estudiantes interrelacionar los fenómenos con sus representaciones en los modelos matemáticos y lograr aprendizajes profundos para relacionar ideas, argumentarlas, avanzar en procesos metacognitivos y resolver problemas.

Algunas preguntas que se pueden plantear hacia el futuro son: ¿Cómo establecer contextos dialógicos entre las perspectivas de las representaciones y las perspectivas del signo? ¿Cómo nutrir la perspectiva triádica desde las múltiples perspectivas que tiene la semiótica para potencializar sus alcances? ¿Cómo implementar esta perspectiva en otras temáticas y disciplinas?

REFERENCIAS

- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762. <https://doi.org/10.1119/1.17449>
- Castañares, W. (2002). Sign and representation in semiotic theories. *Estudios de Psicología*, 23(3), 339-357. <https://doi.org/10.1174/021093902762224425>
- Creswell, J. (2012). *Educational Research : planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Pearson.
- Duval, R. (2017). Understanding the mathematical way of thinking - The registers of semiotic representations. In *Understanding the mathematical way of thinking - the registers of semiotic representations*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Duval, R. y Sáenz-Ludlow, A. (2016). *Comprensión y aprendizaje de las matemáticas: perspectivas semióticas seleccionadas*. Bogotá : Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Farabello, S. P., y Trigueros, M. (2020). La transformación de funciones en el aula de física. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, (58), 25-47. <http://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/82/23>
- Idoyaga, I. (2020). Representaciones Visuales en la educación en física. Desafíos para la alfabetización de la mente digital. In *V Encuentro Internacional de Matemáticas y Física, 10° Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía*.
- Idoyaga, I. y Lorenzo, G. (2016). La compleja apropiación de la información conceptual de los gráficos cartesianos en las aulas de física en la universidad. *Revista de Enseñanza de La Física*, 28(1), 279-286.
- Idoyaga, I., Moya, C. N. y Lorenzo, M. G. (2020). Los gráficos y la pandemia . Reflexiones para la educación científica en tiempos de incertidumbre. *Revista de Educación en Ciencias Biológicas*, 5(1), 1-18. <http://ojs.cfe.edu.uy/index.php/RevEdCsBiol/article/view/656/424>
- Lind, D. A., Marchal, W. G., y Wathen, S. A. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. McGraw-Hill.
- Mora, C. (2019). La Semiótica en la Enseñanza de la Física. *Revista REAMEC -Rede Amazônica de Educação Em Ciências e Matemática-*, 7(3), 126-134. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9278/pdf>
- Mosquera L, E. y Londoño V, G. (2021). Los registros semióticos triádicos (RST) en contextos argumentativos para la comprensión de la cinemática en estudiantes de la media (15 a 16 años): análisis de casos múltiples. *Miradas*,16(1), 31-45. <https://doi.org/10.22517/25393812.24870>
- Parra, F. J., y Ávila, R. (2018). Análisis didáctico de registros semióticos en el contexto de la cinemática. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(4), 4305-1-6
- Pizarro, D. A. (2014). Identificación de los factores que impiden la relación entre el objeto representado en clases de ciencias naturales y las representaciones externas en el grado décimo de la IETA Fernández Guerra. Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en la enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. <https://core.ac.uk/download/pdf/77275898.pdf>
- Rosario Barbosa, P. (2010). *La Filosofía de Gottlob Frege*.
- Sánchez, D. y Maluendas, P. (2020). Representaciones semióticas en la enseñanza del movimiento rectilíneo uniforme. *Revista Educación y Cultura* , (139), 72-78.
- Sparvoli, V. (2015). Representaciones multimodales en cursos de física básica. *Revista de Enseñanza de La Física*, 27(2), 269-278. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12616/12892>
- Tamayo. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias matemáticas. *Educación y Pedagogía*, XVIII, 37-49. <http://funes.uniandes.edu.co/10963/1/Tamayo2006Representaciones.pdf>
- Thatquiz.org. (2019). Thatquiz. <https://www.thatquiz.or>